



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

INTEGRAÇÃO DE BIG DATA PARA IMPULSIONAR A ECONOMIA CIRCULAR NO AMBIENTE CONSTRUÍDO¹

MUNARO, Mayara Regina (1); FREITAS, Maria do Carmo Duarte (2); TAVARES, Sergio Fernando (3)

(1) Universidade Federal do Paraná, munaro.mayara@gmail.com

(2) Universidade Federal do Paraná, carmemk2@gmail.com

(3) Universidade Federal do Paraná, sergioftavares@gmail.com

RESUMO

Este estudo propõe a integração da economia circular (EC), por meio do projeto BAMB (Building as Materials Bank) e grandes volumes de dados, também conhecidos como big data. O artigo integra tendências conceituais em relação: (a) as ferramentas circulares do BAMB; (b) os atributos do big data: volume, variedade, velocidade, veracidade, valor e variabilidade (6 Vs) e, (c) os stakeholders da construção civil. As contribuições incluem (1) a introdução de um diagrama teórico para aprimorar o entendimento da relação EC-big data; e (2) uma matriz relacional que ilustra a complexidade do gerenciamento de dados e das ferramentas circulares. A integração big data-BAMB-stakeholders fornece direcionamentos para que acadêmicos e profissionais introduzam a análise de dados nas estratégias e modelos de negócios circulares, buscando inserir práticas circulares e a sustentabilidade no ambiente construído.

Palavras-chave: Big data, BAMB, economia circular, ambiente construído.

ABSTRACT

This study proposes the integration of the circular economy (CE), through the BAMB project (Building as Materials Bank) and large volumes of data, also known as big data. The article integrates conceptual trends about (a) BAMB's circular tools, (b) the attributes of big data: volume, variety, speed, veracity, value and variability (6 Vs) and, (c) building stakeholders. Contributions include (1) the introduction of a theoretical diagram to improve understanding of the EC-big data relationship, and (2) a relational matrix that illustrates the complexity of data management and circular tools. The big data-BAMB-stakeholders integration guides academics and professionals to introduce data analysis into circular business strategies and models, seeking to insert circular practices and sustainability into the built environment.

Keywords: Big data, BAMB, circular economy, built environment.

1 INTRODUÇÃO

Desenvolvimentos rápidos em tecnologias contemporâneas, como Internet e computação em nuvem, desencadearam uma explosão maciça de dados caracterizados por grande volume, variedade e aceleração do ritmo, conhecido

¹ MUNARO, M. R.; FREITAS, M. C. D.; TAVARES, S. F. Integração de big data para impulsionar a economia circular no ambiente construído. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

pelo termo *big data* (GUPTA et al., 2019). Os dados nunca foram tão importantes para as organizações como são agora e podem se tornar a maior *commodity* comercial no futuro (NOBRE; TAVARES, 2017).

O termo *big data* iniciou uma mudança de paradigma na forma de criar valor sustentável (WHITE, 2012), permitindo o avanço em direção à coleta, análise e distribuição de dados. Isso implica que as tecnologias digitais são onipresentes na sociedade e o seu uso capacita a conexão de serviços e automatiza os processos que os suportam (SALMINEN; RUOHOMAA; KANTOLA, 2017). A análise de *big data* pode alavancar o potencial das organizações rumo à sociedades e consumos mais sustentáveis (JABBOUR et al., 2019). Fundamental para o setor construtivo, que gera volumes de dados significativos ao longo do ciclo de vida das edificações, principalmente com a introdução das tecnologias de informação e comunicação (TICs). O aumento da geração de dados acarreta no fenômeno de *big data*.

A economia circular é a integração da atividade econômica e do bem-estar ambiental e emergiu como tendência contemporânea. É projetada para eliminar o desperdício, visando fechar o ciclo de vida dos materiais por meio de ações de montagem, desmontagem e reutilização (EMF, 2015). Está relacionada à mecanismos de apoio, onde as informações e dados de larga escala são aspectos integrantes (NOBRE; TAVARES, 2017). O pleno potencial de modelos de negócios circulares depende da coleta, análise dinâmica, complexa e compartilhada de dados com as necessidades dos *stakeholders* pertencentes às cadeias de valor (JABBOUR et al., 2019).

A implementação de princípios circulares no ambiente construído é incorporada pelo projeto europeu *Buildings as Material Bank* (BAMB), que emprega tecnologias de informação, modelos de negócios e parcerias para reduzir custos, impactos ambientais, e tornar as áreas urbanas mais habitáveis, produtivas e sustentáveis. O projeto visa desacelerar a devastação dos ecossistemas devido aos significativos impactos do setor, principalmente dos resíduos de construção e demolição.

O desafio na indústria da construção civil, que impede a aceleração das práticas circulares e limita o potencial de reutilização dos materiais, está na escassez de informações de qualidade (BILAL et al., 2016). Tanto os modelos de negócios circulares quanto o *big data* são tópicos emergentes na transição para uma sociedade sustentável e sua integração carece de estudos (NOBRE; TAVARES, 2017). Munaro, Tavares e Bragança (2020) constataram a tendência no uso de ferramentas, métricas, tecnologias e políticas de gerenciamento de dados como suporte para a transição circular do setor. É importante entender os conceitos relacionados à geração de informação, a partir do *big data*, para a tomada de decisão.

Ao considerar que a economia circular, difundida pelo projeto BAMB, prevê a eficiência no uso de materiais e energia, e o *big data* visa interpretar com eficácia os volumes de dados, a integração desses dois campos são facilitadores na co-evolução de modelos de negócios circulares (SALMINEN; RUOHOMAA; KANTOLA, 2017). Por meio de pesquisas bibliográficas, este estudo propõe a integração da EC e do *big data* para acelerar a transição rumo à circularidade no ambiente construído. Um diagrama conceitual foi criado considerando (a) as ferramentas circulares do BAMB, (b) os atributos de gerenciamento de dados em larga escala, e (c) os *stakeholders* da indústria construtiva. Também é proposta uma matriz relacionando esses aspectos, para ilustrar a complexidade do relacionamento entre o *big data*-BAMB.

2 BIG DATA

Big data é definido como conjuntos de dados complexos e de alta velocidade cujo tamanho está além da capacidade de ferramentas típicas de banco de dados de capturar, armazenar, distribuir, gerenciar e analisar com eficiência e que permitem melhor percepção, tomada de decisões e automação de processos (TECHAMERICA FOUNDATION, 2012).

O termo pode ser abordado em seis dimensões: volume, variedade, velocidade, veracidade, valor e variabilidade (e complexidade). A relatividade de grandes volumes de dados se aplica a todas as dimensões (6 Vs) de forma interligada (GANDOMI; HAIDER, 2015). O Quadro 1 apresenta os principais atributos do *big data*.

Quadro 1. Definições e características dos atributos do *big data*

Atributo	Definição	Características
Volume	Volume de dados que consome grande armazenamento ou consiste em amplo número de registros (RUSSOM, 2011)	Terabytes; registros; transações; arquivos
Variedade	Dados gerados a partir de várias fontes e formatos e contêm campos de dados multidimensionais (RUSSOM, 2011)	Estruturada; não estruturada; semiestruturada
Velocidade	Frequência de geração e/ou de entrega de dados (RUSSOM, 2011)	Acessibilidade (quando, onde, como); Aplicável (relevância); valor (em tempo real)
Veracidade	Representa a falta de confiabilidade inerente a algumas fontes de dados (WHITE, 2012)	A qualidade pode ser boa, ruim ou indefinida devido à inconsistência dos dados; incompletude; ambiguidade; direitos autorais
Valor	Reflete a importância de extrair benefícios econômicos de maneira direta e comprovada (WAMBA et al., 2015)	Tipo de valor (econômico, social, sustentável); stakeholders envolvidos; reflexo na cadeia de valor
Variabilidade (e complexidade)	Refere-se à variação nas taxas de fluxo de dados; Complexidade refere-se à geração por infinitas fontes (GANDOMI; HAIDER, 2015)	Frequência e motivos da variação; sazonalidade; direcionamento em nuvens; diversidade nas extensões dos dados

Fonte: Os autores

O big data tem a capacidade de transformar o processo de tomada de decisão, ao permitir maior visibilidade das operações da empresa e melhorar os marcadores de desempenho (MCAFFEE; BRYNJOLFSSON, 2012). O processo de criar valor pode ser dividido em gerenciamento e análise de dados. O gerenciamento envolve processos e tecnologias para adquirir, preparar, armazenar e recuperar dados. A análise refere-se a técnicas e ferramentas para analisar e adquirir inteligência (GUPTA et al., 2019).

Bilal et al. (2016) afirma que os atributos do big data são evidentes nos dados de construção civil. Os dados de construção são volumosos e gerados desde a fase de projeto, cronogramas, sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP), finanças, etc. A diversidade dos dados está na variedade de formatos suportados em aplicações de construção incluindo DWG, DXF (formato de troca de desenho), DGN (abreviação de design), RVT (abreviação de Revit), ifcXML (Indústria Foundation Classes XML), DOC / XLS / PPT (formato Microsoft), RM / MPG / AVI / MP4 (formatos de vídeo) e JPEG / PNG (formatos de imagem). A natureza dinâmica dos dados segue a natureza de fontes de dados, como o uso de sensores e sistemas de gerenciamento.

3 BAMB – BUILDING AS MATERIALS BANKS

Um ambiente construído circular e reversível só pode ser suportado por uma rede de valores interconectada. Devido à magnitude da informação e variedade dos

stakeholders dentro da rede de valor de construção, uma maneira digital de coletar, manipular e trocar dados é indispensável. A reutilização de componentes de edifícios e a reciclagem de materiais de construção ainda são limitadas dada a escassez de informações sobre projeto, composição e uso do produto durante sua vida útil (BAMB, 2020). A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** resume as ferramentas do BAMB que necessitam de gestão eficaz de dados.

FIGURA 1 – Ferramentas do BAMB suportadas pela geração de dados controláveis circulares

<p>1 Passaporte de materiais</p> <p>Conjuntos de dados e informações eletrônicos que descrevem características de materiais que lhes dão valor para recuperação e reutilização</p>	<p>2 Projeto de edificações reversíveis</p> <p>Projeto e construção de edificações que potencializa a transformação e reutilização dos elementos construtivos – permite controle de dados para reuso</p>	<p>3 Avaliação do edifício circular</p> <p>Visa fornecer uma estimativa e interpretação holística de dados coletados sobre os aspectos de sustentabilidade dos edifícios</p>
<p>4 Modelos de negócios circulares</p> <p>Descreve como as empresas geram receita ou obtém lucro, incluindo o modo como operam e financiam suas atividades em uma EC. A gestão de dados por big data é uma destas oportunidades</p>	<p>5 Políticas e normas</p> <p>Os governos podem alavancar a construção circular por meio de incentivos, políticas, normas e regulamentos durante o ciclo de vida das edificações, baseados em decisões a partir de dados</p>	<p>6 Estudos de caso e pilotos</p> <p>Investigam e demonstram abordagens da geração de dados e informações para projeto, fabricação, construção e manutenção de edifícios circulares</p>

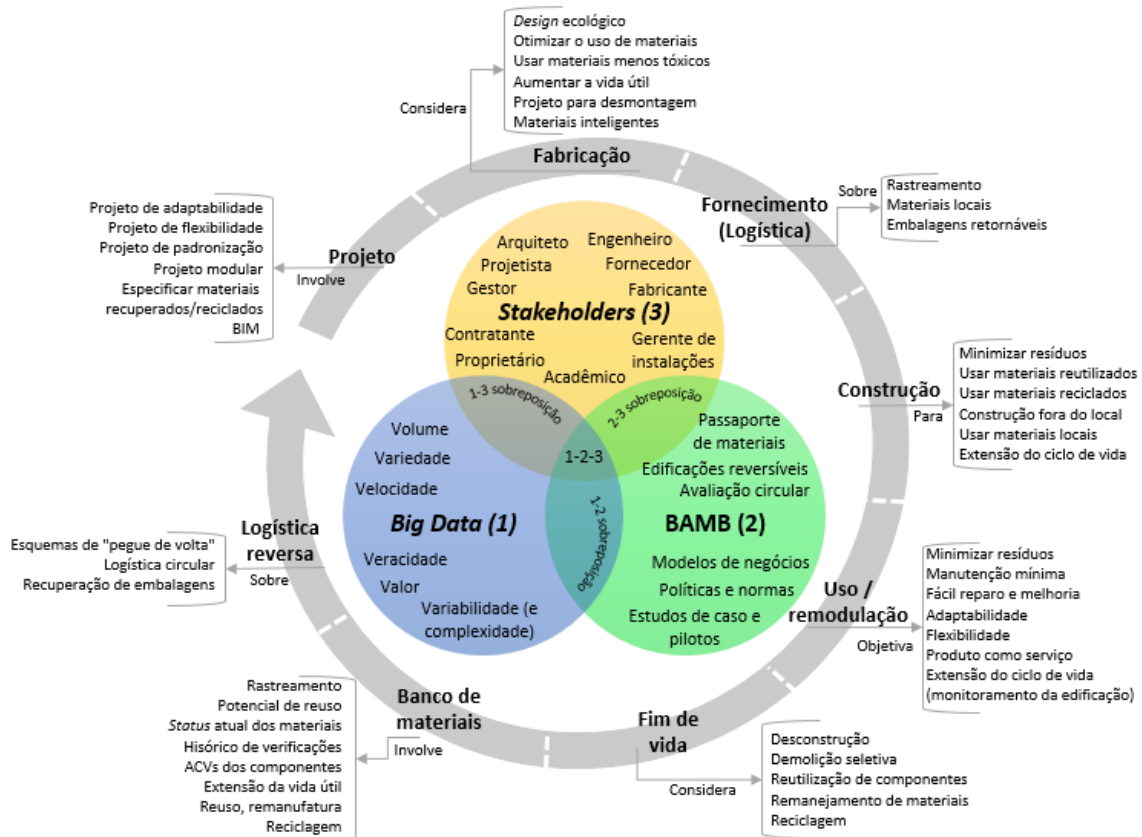
Fonte: Os autores

O projeto BAMB propõe aumentar / sustentar o valor nos edifícios por meio de seis ferramentas. Ver os recursos materiais como forma temporária de materializar investimentos amplia as oportunidades para a exploração de modelos de negócios circulares, nos quais o valor econômico e ambiental é conservado (BAMB, 2020).

4 INTEGRAÇÃO BIG DATA – BAMB

A Figura 2 apresenta um diagrama que integra o big data, o BAMB e os *stakeholders* da cadeia da construção civil. A estrutura sugere que a EC será introduzida a partir do desenvolvimento de modelos de negócios, baseados no projeto BAMB, com suporte da gestão e análise de dados. Cada ferramenta do BAMB precisará de informações específicas, de acordo com a fase do ciclo de vida da edificação, relacionada com cada atributo do big data. A integração desses campos (1-2-3) possibilitará fluxo dinâmico de informação, facilitando a introdução de tecnologias digitais e de princípios circulares.

Figura 2 – Integração dos campos do big data, BAMB e stakeholders da construção civil



Fonte: Os autores

A análise e gestão de dados criará valor sustentável em torno de operações na cadeia construtiva. Por exemplo, durante a fase de projeto auxiliará nas propriedades cruciais da cadeia de fornecimento, incluindo agilidade, adaptabilidade, alinhamento e integração (MISHRA et al., 2017). Pode ser aplicado na análise de mercados, na pesquisa de novos materiais, na gestão e coordenação de equipes, na integração de modelos paramétricos, na clareza e autenticidade das informações, na avaliação do usuário, entre outros. Métodos específicos baseados em estatística, mineração de dados e ferramentas de gestão precisam ser desenvolvidos para auxiliar na análise dos dados e na criação de indicadores que facilitarão a compreensão e criação de indicadores e métricas circulares.

As características de circularidade relacionadas em cada fase do ciclo de vida da edificação, ilustrado na Figura 2, visam reduzir os impactos ambientais da construção civil, aumentando o valor e a vida útil dos materiais e serão impulsionados por meio da comunicação e integração eficiente dos três campos. Bilal et al. (2016) relaciona quatorze potenciais oportunidades do uso de big data na construção civil, como a otimização de recursos e resíduos; desenhos generativos; detecção e resolução de interferências; previsão de desempenho; análise visual; análises de redes sociais; serviços personalizados; gestão de instalações; gerenciamento de energia; e, big data com tecnologias emergentes como *Building Information Modeling* (BIM), computação em nuvem, Internet das coisas, realidade aumentada e edifícios inteligentes.

O diagrama proposto compreende interações e transações de informações entre os atributos do *big data*, BAMB e *stakeholders* envolvidos em cada fase do ciclo de vida

de uma edificação. Espera-se que os campos se sobreponham um ao outro, aumentando a circularidade do setor por meio de tecnologias digitais e do fluxo integrado, sistematizado e otimizado de informação, facilitando a tomada de decisões, criando oportunidades para a inovação sustentável e para melhorar a qualidade dos edifícios.

Essa integração é complexa, pois a cadeia construtiva é fragmentada e os dados e informações não são acessíveis e disponibilizados a todos os interessados. As ferramentas do BAMB e os 6Vs do big data precisam de maior compreensão no sentido de esclarecer as relações de ganho e, como isso vai refletir na circularidade do ambiente construído. O setor pode não extrair o máximo valor do *big data* se os casos de uso concebidos não forem bem compreendidos e documentados (BILAL et al., 2016). É necessário conhecer as barreiras no uso de big data, já que o setor depende de profissionais qualificados e capacitados, com fluxos de trabalho analíticos para colher os benefícios da geração de grandes volumes de dados (BILAL et al., 2016).

O Quadro 1 relaciona os atributos do *big data* com as ferramentas do BAMB, de modo a identificar como esses campos se relacionam e facilitar a compreensão dessa integração.

Quadro 1 – Matriz relacional com os atributos de big data (6 Vs) e BAMB

BIG DATA	BAMB					
	Passaporte de materiais	Edificações reversíveis	Avaliação do edifício circular	Modelos de negócios circulares	Políticas e normas	Estudos de caso e pilotos
Volume	Grande volume e variedade de materiais em obra; diferentes ciclos de vida; constante atualização	Detalhamento e informações sobre montagem/desmontagem, peças removíveis, manutenção	Banco de dados de modelos, detalhamentos, passaportes, índices...	Diferentes segmentos e stakeholders envolvidos	NA	Geração de bancos de dados sobre boas práticas
Variedade	Diferentes fontes de dados, segmentos da cadeia, stakeholders; interoperabilidade entre sistemas	Diferentes extensões dos dados; diferentes stakeholders	NA (considera aplicação na modelagem BIM)	Fontes de dados, segmentos da cadeia, stakeholders, finalidades	NA	NA
Velocidade	Monitoramento e atualização; pois reflete o status da edificação/serviço	Atualizações dos modelos paramétricos	Atualizações dos modelos paramétricos	Dinâmica de atualizações dos dados; percepção de mercado; análise econômica; inovação	NA	NA
Veracidade	Essencial para o potencial de reuso e duração dos materiais; na redução de desperdícios	Essencial para o potencial de reuso e duração dos materiais; na redução de desperdícios	Indica a produtividade e circularidade dos recursos, lições aprendidas; tomada de decisões	Fundamental para criar valor, inovação e gerar vantagem competitiva	Intrínseco na formulação de leis e padrões	Essencial para o potencial de reuso e a longevidade dos materiais
Valor	Aumento da vida útil dos materiais; criação de novos modelos de negócios; banco de materiais	Aumento da vida útil das edificações; criação de novos modelos de negócios	Auxilia na escolha de materiais e técnicas construtivas; direciona a tomada de decisões	Fundamental para criar valor; gerar vantagem competitiva; reduzir os impactos ambientais	Introdução de princípios circulares; redução de resíduos	Lições aprendidas; exemplos de negócios; aplicações reais
Variabilidade (complexidade)	Picos de informação de acordo com os tipos e vida útil dos materiais/serviços; manutenção	Picos de informação na fase de projeto e final de vida das edificações	NA	De acordo com a fase do ciclo de vida da edificação; dos stakeholders envolvidos	NA	NA

Fonte: Os autores

Por exemplo, o passaporte de materiais possui grande volume de dados, pois engloba informações sobre cada material, elemento ou sistema da edificação, desde sua fabricação até o potencial de reuso no final de sua vida útil. Os dados são variados porque são de fontes e naturezas distintas e se direcionam a todos os segmentos da cadeia de suprimentos, durante as diferentes fases do ciclo de vida dos materiais. O passaporte deve relatar o estado atual da edificação e estar em constante atualização, o que requer agilidade nas informações. A veracidade é fundamental para gerar valor e aumentar a vida útil dos materiais. Além disso, a variabilidade dos dados reflete o tipo e a finalidade do material e da edificação.

5 CONCLUSÕES

O uso de tecnologias digitais na construção civil pode criar novos modelos de negócios e otimizar as operações existentes para obter melhoria significativa dos negócios baseados em uma economia circular. Este estudo buscou refletir a relação que a análise de dados tem com a transição para uma EC no ambiente construído, propondo a integração entre tecnologias da informação e instrumentos para tornar edificações banco de materiais. A proposta de um diagrama que relaciona os 6Vs do *big data*; as ferramentas do projeto BAMB; e os *stakeholders* do setor construtivo enfatiza que a gestão de grandes dados é o elo entre as ferramentas da EC e os interessados em criar valor sustentável. A crescente digitalização e gerenciamento do processo de dados são fatores essenciais na co-evolução de negócios.

O diagrama propõe uma visão simplificada das relações entre conceitos complexos e sugere a necessidade de conhecer essas variáveis ao planejar as ações de EC. A matriz sugerida oferece aos tomadores de decisão uma variedade de direcionamentos sobre os principais desafios do gerenciamento de dados e ações dos *stakeholders* levando em consideração o projeto BAMB. Este estudo é de utilidade e relevância para os pesquisadores e profissionais explorar o potencial que o *big data* tem na construção civil para criar valor sustentável e apoiar a transição do setor rumo a economia circular. O diagrama pode direcionar desenvolvimentos futuros em campos de pesquisa, como operações sustentáveis, gestão de big data e políticas circulares.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil pelo apoio no desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BAMB BUILDING AS MATERIAL BANKS. **Enabling a circular building industry**, [S.l.], 2020. Disponível em: <<https://www.bamb2020.eu/>>. Acesso em: 11 mai. 2020.
- BILAL, Muhammad et al. Big data architecture for construction waste analytics (CWA): A conceptual framework. **Journal of Building Engineering**, v. 6, p. 144-156, 2016.
- EMF ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe**. [S.l.]: Ellen MacArthur Foundation, 2015. Relatório técnico. Disponível em: <https://www.sun-institute.org/media/growth_within_for_print1.pdf>. Acesso em: 26 set. 2020.
- GANDOMI, Amir; HAIDER, Murtaza. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. **International journal of information management**, v. 35, n. 2, p. 137-144, 2015.

- GUPTA, Shivam et al. Circular economy and big data analytics: A stakeholder perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 144, p. 466-474, 2019.
- JABBOUR, Charbel Jose Chiappetta et al. Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: an integrative framework and research agenda. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 144, p. 546-552, 2019.
- MCAFEE, Andrew; BRYNJOLFSSON, Erik. Big data: the management revolution. **Harvard business review**, v. 90, n. 10, p. 60-68, 2012.
- MISHRA, Deepa et al. A bibliographic study on big data: concepts, trends and challenges. **Business Process Management Journal**, v. 23, n. 3, p. 555-573, 2017.
- MUNARO, Mayara Regina; TAVARES, Sérgio Fernando; BRAGANÇA, Luís. Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. **Journal of Cleaner Production**, p. 121134, 2020.
- NOBRE, Gustavo Cattelan; TAVARES, Elaine. Scientific literature analysis on big data and internet of things applications on circular economy: a bibliometric study. **Scientometrics**, v. 111, n. 1, p. 463-492, 2017.
- RUSSOM, Philip et al. Big data analytics. **TDWI best practices report, fourth quarter**, v. 19, n. 4, p. 1-34, 2011.
- SALMINEN, Vesa; RUOHOMAA, Heikki; KANTOLA, Jussi. Digitalization and big data supporting responsible business co-evolution. In: **Advances in Human Factors, Business Management, Training and Education**. Springer, Cham, 2017. p. 1055-1067.
- TECHAMERICA FOUNDATION. **Demystifying Big Data: a practical guide to transforming the business of government**. Washington, DC: TechAmerica Foundation: Federal Big Data Commission, 2012. Relatório técnico. Disponível em: <https://bigdatawg.nist.gov/_uploadfiles/M0068_v1_3903747095.pdf>. Acesso em: 26 set. 2020.
- WAMBA, Samuel Fosso et al. How 'big data' can make big impact: Findings from a systematic review and a longitudinal case study. **International Journal of Production Economics**, v. 165, p. 234-246, 2015.
- WHITE, Martin. Digital workplaces: Vision and reality. **Business information review**, v. 29, n. 4, p. 205-214, 2012.